

관절 구동방식에 따른 착용형 상지 근력 보조 로봇의 모델 제시 Research of Wearable Robot's Drive Method of Upper Arm

*장혜연¹, #한창수², 한정수³

*H. Y. Jang¹, #C. S. Han (cshan@hanyang.ac.kr)², J.S.Han³

¹ 한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 기계공학과, ³한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Upper-Limb, EMG(Electromyogram), Wearable robot, Rehabilitation, Drive Method

1. 서론

인사회적 약자로 분류되는 장애인 및 노약자의 경우 근력이 일반인에 비해 현저히 떨어져 일상생활 영위가 가능한 사람부터 타인의 도움 없이는 간단히 물건을 잡고 위치를 옮기거나, 식사를 하거나, 간단한 문서작업조차 힘든 경우가 많다. 우리나라의 경우 이미 고령화 사회에 진입한지 오래 되어 인구의 10% 이상이 65세 이상 노인인구이며 지난 2008년 통계를 보면 약 7-8명의 경제 활동인구가 1인의 노인을 부양하는 구조가 되었다. 일상생활 수행 시 타인의 도움이 필요한 장애인 중 실제로 도와주는 사람이 있는 장애인은 전체의 93.4%이며 6.6%의 장애인이 스스로 신체기능을 수행하지 못함에도 불구하고 주변의 도움을 전혀 받지 못하고 있다. 이는 출산률의 저하, 고령화 사회에 피할 수 없는 현상이며, 앞으로 초 고령화 사회로 진입하게 된다면 더 심화 될 가능성이 매우 높다. 또한 혼자서 어느 정도 일상생활이 가능한 사람이나, 하지 지체를 갖고 있어 상지의 기능이 완전한 사람도 휠체어 사용 및 기타 보조기의 착용 등으로 인하여 일반인과 같은 환경에서 작업을 하기에는 무리가 있으며, 실제 사업장에서 장애인을 위한 시설이 되어있는 경우를 보기는 매우 힘들다. 기본 국내/외에서 노약자나 장애인의 상지 근력을 보조해 주기 위한 상지 보조기는 다양하게 개발되어져 왔다. 그 중 미국/ 일본/ EU국가 등 노인/장애인 복지 및 삶의 질 향상에 많은 고민을 하는 선진 국가에서 연구개발이 꾸준히 이루어지고 있으며, 대부분이 상지의 거동이 자유롭지 못하거나, 재활 치료를 요할 때 사용이 되며, 형태는 어깨와 팔꿈치 관절을 고정 또는 지지해주는 형태가 된다. 그리고 단순 보조에서 사용자의 근전도 등의 생체신호를 입력 받아 사용자 의지대로 움직여 주는 로봇 시스템 기반의 상지 보조기도 많이 개발되고 있다. 하지만 이러한 시스템들은 상지의 다자유도의 구현을 모두 구현할 수 없으며 다자유도가 모두 구현된다 하더라도 시스템이 거대해지고 복잡해져 실생활에 응용되기에 어려움이 있다.

따라서 본 연구를 통해 근력이 약해져 스스로 일상생활에 필요한 상지거동을 완전히 할 수 없는 노약자 및 상지관절/상지 기능에 장애를 갖고 있는 장애인의 상지거동을 상지를 외력을 이용하여 지지하여 주는 상지 다 관절 보조기기를 통하여 작은 힘으로 큰 힘을 보조 받을 수 있도록 어깨 관절 및 팔꿈치 관절 동작을 모두 구현가능 한 착용형 상지보조기를 개발하였다. 또한 다자유도의 상지 시스템이 상지 동작을 보조함에 있어, 관절 구동방식에 따른 효율성에 대해서 분석해 보았다. 그 결과, 노약자 및 장애인의 근력 정도/작업 동작에따른 최적의 구동 방식을 찾는 것이 가장 근력지원의 효율을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

2. 상지 관절의 자유도 및 동작 분석

상지 근력 보조기 시스템을 개발하기 위하여 선행 연구자사를 통해 상지 모델링 데이터 및 상지관절 해부학 자료를 수집 하였다. 상지(Upper Extremity) 근력지원을 위한 착용형 보조기를 개발하기 위하여 인체 관절에 대한 모델링과 관절범위에 대한 조사 및 실험을 진행하였다. 이를 위하여 기존의 국내외 연구 자료와 측정 자료를 조사하였다.

구현하고자 하는 동작은 팔꿈치 관절의 신전(Extension)/굴곡(Flexion) 1자유도, 어깨관절은 서로 상반되는 동작인 전상방거상(前上方舉上: Flexion)과 후방거상(後方舉上: Extension), 측상방거상(側上方舉上: Abduction)과 내전(內轉: Adduction), 내회전(內回轉: Medial or Internal rotation)과 외회전(外回轉: Lateral or External rotation)의 전체 3 자유도이다.



Fig. 1 Assist System of Upper-limb

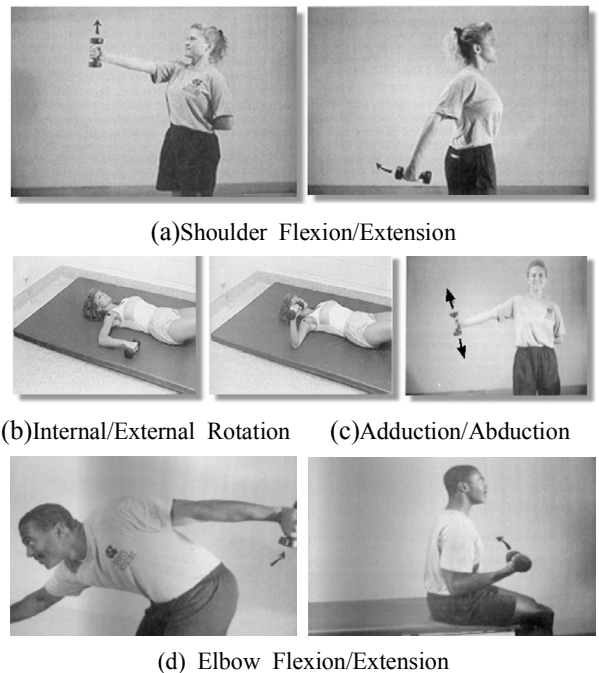


Fig.2 Motion of Upper-Limb (Shoulder/Elbow 4-DOF)

Table 1 Range of Motion (Shoulder joint)

Joint	Motion	Range of Motion (°)
Shoulder Joint	Flexion	0°-180°
	Extension	0°-50°
	Abduction	0°-180°
	Adduction	180°-0°
	Internal Rotation	0°-90°
	External Rotation	90°-0° (-70°)

3. 다자유도 능동형 상지 근력보조시스템 개발

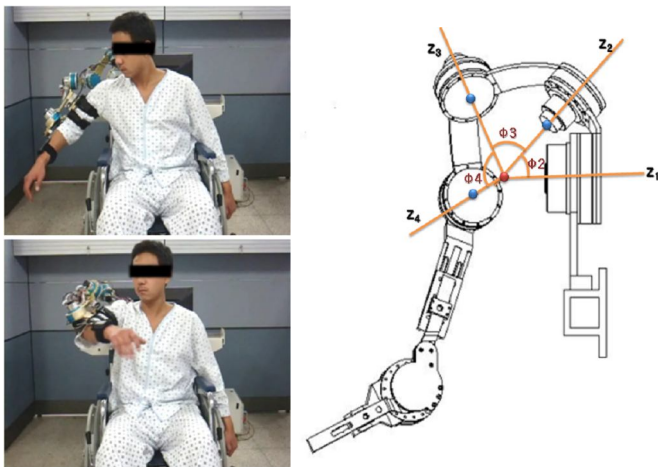


Fig.3 All-Active driving system

Fig.3의 로봇은 여자유도를 포함하여 어깨 4자유도, 팔꿈치 1자유도로 구성되어 있다. 각각의 조인트의 경우, 모두 고효율 경량의 Flat Motor를 이용하여 구동부를 구성하였으며, 상완(Upper-Limb)과 하완(Lower-Limb)에서 동작의도신호를 받아 상지 시스템을 구동한다. 이때 모든 동작 방향으로의 동작의도신호가 산출되어 전체 로봇관절이 상지동작을 보조하여 준다. 위의 시스템은 전체 관절이 모터의 구동력으로 동작을 도와주는 All-Active의 방식으로 되어있다.

4. 하이브리드 구동방식의 상지 근력보조시스템 개발

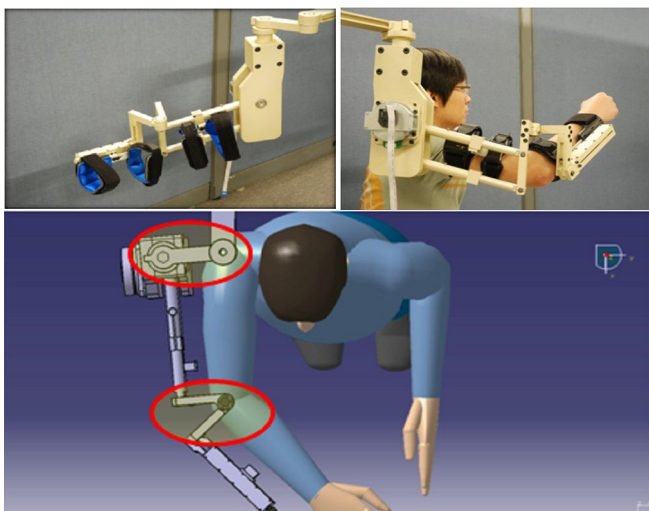


Fig.4 Hybrid(Active/Passive) driving system

Fig.4의 상지 보조 로봇의 경우, 가장 큰 액츄에이터 토크를 요구하는 어깨 Extension/Flexion 1자유도 관절에만 고풍력의 Flat motor를 부착하였으며, 나머지 관절은 스프링을 이용한 에너지 저장형 관절구조 또는 단순한 힌지(Hinge) 관절로 구성되어 있다. 앞의 ALL-Active 구동방식의 시스템보다 동작의도를 센싱하는 시스템이 대폭 간소화 되었으며, 모든 자유도 및 모든 방향으로의 동작을 외력을 보태어 보조해주지는 않지만 부분적 지지 및 스프링등에 의한 약간의 지지력에 의해 오히려 작업을 함에 있어서는 착용감/동작성면에서 사용자 직감에 의해 더욱 뛰어난 것으로 분석되었다.

5. 시스템 검증 및 결론

Table 2 Analysis of Biceps brachii's EMG (Elbow Ex./Fl.)

Joint	All-Active drive system	Hybrid drive system
로봇 미착용 시 %MVIC	72.6	72.6
로봇 착용 시 %MVIC	34.3	62.5
근력 보조 량	52.7% 근력보조	14% 근력보조

Table 3 Analysis of Biceps brachii's EMG (Shoulder Ex./Fl.)

Joint	All-Active drive system	Hybrid drive system
로봇 미착용 시 %MVIC	83.7	39.3
로봇 착용 시 %MVIC	11.1	24.6
근력 보조 량	72% 근력보조	37.5% 근력보조

Table.2 Table.3에서 보는 바와 같이 All-Active 구동방식이 근력 보조의 효과는 더욱 뛰어나지만, 실제 착용자들이 느끼는 것은 Hybrid 구동방식이 더욱 동작성에서 뛰어난 것으로 분석되었다. 위의 근전도 분석을 위해서는 단순한 팔꿈치와 어깨관절의 Ex./Fl. 동작을 하였지만 복잡한 동작이 동시에 이루어 질 경우, Hybrid방식의 구동 시스템 역시 근력 보조 및 동작성을 균형을 이루어 작업효율을 증대 시킬 수 있으리라고 사료 된다.

후기

본 연구는 (한양대학교 고기능 메니플레이션 연구센터를 통한) 지식경제부/한국산업기술진흥원 융복합형로봇전문인력양성사업의 지원으로 수행되었음

참고문헌

1. John, J.Craig, "Introduction to Robotics", 1986, Addison-Wesley Publishing Company
2. Richard, P. Paul, "Robot Modelling" The MIT Press.
3. Kahn, M.E., and Roth.B., "The Near Minimum Time Control of Open-Loop Articulated Kinematic Chain" 1971, Trans.of the ASME, J. of Dynamic System, Measurements, and Control, pp164-172
4. Kim, Y, I., "A study of the Optimal Motion Analysis of the Robot Manipulator with Three Links" Ms.D.,Seoul National Univ.
5. 장혜연,한창수, 한정수 "노약자의 팔꿈치 거동 지원을 위한 착용형 로봇 개발", 한국정밀학회지, Vol25.No.3, pp141-146,2008